







## BAB VI

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 6.1. Pembahasan dan Perhitungan Dalam CAESAR II version 7.00

Dalam pembahasan dan perhitungan kali ini dapat kita lihat hasil yang memerlukan perhatian khusus yaitu pada jalur-jalur pipa kritis, karena akan terjadi tegangan maksimal. Secara visual hasil dari analisis tegangan dapat dilihat pada model dengan warna yang berbeda-beda seperti pada gambar 6.1. Warna ini menandakan tingkat tegangan yang terjadi.

Hoops Legend		
Code Stress by Percent (%)		
Level 6	> Percent, %	100
	Color	 255; 0; 0
Level 5	> Percent, %	80
	Color	 128; 0; 0
Level 4	> Percent, %	60
	Color	 255; 255; 0
Level 3	> Percent, %	40
	Color	 0; 128; 0
Level 2	> Percent, %	20
	Color	 192; 220; 192
Level 1	< Percent, %	20
	Color	 166; 202; 240

**Gambar 6.1.***Hoop Legend.*

Sebelum melakukan pemodelan dan perhitungan ada beberapa hal yang harus kita persiapkan yang dijelaskan pada sub bab 6.2.

## **6.2. Persiapan Pemodelan**

Sebelum melakukan pemodelan dan analisis, perlu dilakukan olah data terlebih dahulu dari data-data yang diperoleh untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Berikut adalah hasil olah data yang dilakukan untuk pemodelan pada jalur pipa 11-1339A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap.

### **6.2.1. Penomoran Nodal pada Gambar Isometri**

Gambar isometri merupakan gambar konstruksi sistem perpipaan baik secara keseluruhan jalur perpipaan suatu plant perusahaan maupun sebagian dari jalur keseluruhan yang dimiliki suatu plant perusahaan tersebut. Gambar isometrik juga merupakan informasi atau mendeskripsikan dari jalur rancangan penyaluran fluida. Penomoran nodal pada gambar isometri yang diberikan, berguna untuk memudahkan mengolah data yang ada pada gambar tersebut. Hal ini sangat dibutuhkan dalam tahap *pipe stress analysis* karena memperjelas pengumpulan dan letak informasi pada gambar.









### 6.2.2. Pengaturan Unit Satuan pada CAESAR II version 7.00.

Sebelum menggunakan *Caesar II* seorang *User* terlebih dahulu harus menentukan satuan yang akan *User* pakai dalam melakukan permodelan. Karena ini penting dalam *input*-an nantinya agar tidak terjadi ketidaksesuaian antara satuan yang akan diinput-kan dengan satuan yang dipakai pada permodelan *CaesarII version 7.00*. Dikarenakan tidak semua satuan sama dengan *template* satuan dalam *Caesar II version 7.00*. Informasi mengenai satuan unit dapat dianalisis melalui gambar isometri atau dokumen-dokumen yang mendukung lainnya. Maka melihat pentingnya pengaturan dalam unit satuan, dalam analisis kali ini digunakan satuan "*User New*" dengan pendekatan satuan "MM" yang tersedia pada *template* satuan *Caesar II version 7.00*.

**Tabel 6.1.** Unit satuan yang dipakai dalam pemodelan.

No.	Besaran	MM	User New
1	Length	mm	mm
2	Force	N	N
3	Mass dynamics	kg	kg
4	Moment input	N.m	N.m
5	Moment output	N.m	N.m
6	Stress	kPa	kPa
7	Rotation	degree	degree
8	Temperature	C	C
9	Pressure	kPa	barg
10	Elastic Modulus	kPa	kPa
11	Pipe Density	kg/Cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>
12	Insulation Density	kg/Cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>
13	Fluid Density	kg/Cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>
14	Elevation	m	m
15	Diameter	mm	in
16	Thickness	mm	mm

### 6.2.3. Data–data Inti Jalur Perpipaan

Data-data Inti pada jalur pipa 11-1339A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap Tabel 6.2.

**Tabel 6.2.** Data Inti Jalur Perpipaan

No	Deskripsi	Unit	Data
1	Material Pipa		STD WT SMLS STL A53 – B
2	Suhu Ambien	°C	30
3	Suhu Desain T1	°C	101
4	Tekanan Desain P1	Barg	7
5	Tekanan Hidrostatik	Barg	10,5
6	Specific Gravity		NAPHTA 0,69
7	Fluid Density	kg/m <sup>3</sup>	690
8	Corrosion Allowance	mm	3,175
9	Insulation Density	kg/m <sup>3</sup>	-
10	Insulation Thickness	mm	-
11	Sumbu Koordinat		
	Sumbu Vertikal		Z
	Sumbu Horizontal		X,Y
12	Beban Angin		
	Max. Wind Speed	m/s	32
	Wind Shaped Factor		0,8
	Direction of Wind		Y, X
13	Beban Gempa		CILACAP
13.A	- Seismic Acceleration		
	Horizontal Acceleration (RIE)	G	0,4
	Vertical Acceleration (SLE)	G	0,4
14	Beban Lainnya		



#### **6.2.4. Data Deskripsi Komponen pada Jalur Perpipaan**

Data deskripsi komponen adalah data lengkap dari satu-persatu komponen yang ada pada jalur perpipaan, data ini dirangkum dari penomoran nodal yang ada pada gambar isometri dan dokumen-dokumen yang mendukung lainnya. Hal ini untuk memudahkan dalam melakukan *input* pada program *Caesar II*. Dalam hal ini data yang telah diolah adalah seluruh data yang diperoleh dari *vendor*.







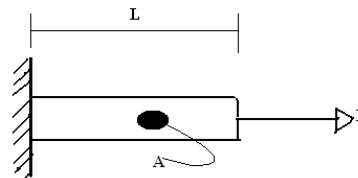
### 6.2.5. Tambahan Pada Data

Sebelum memulai pemodelan desain, terdapat penginputan dalam hal penambahan-penambahan struktur pemodelan desain yang tidak terdapat pada gambar isometric jalur pipa 11-1339A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap dan penambahan data yang tidak dijelaskan sebelumnya.

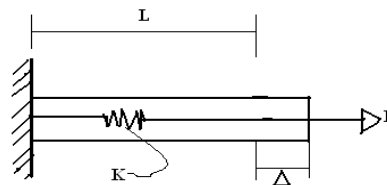
Penambahan data tersebut adalah :

#### 1. Penambahan Anchor Flexible Dengan Pipa 6 In Pada Node 160 Dan 230

- kekakuan translasi



**Gambar 6.4.** Profil benda tidak dapat Translasi.



**Gambar 6.5.** Profil benda dapat Translasi.

$$F = K \times \Delta L \dots\dots\dots (6.1)$$

$$\Delta L = \frac{F \times L}{A \times E} \dots\dots\dots (6.2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times (d_o^2 - d_i^2) \dots\dots\dots (6.3)$$

$$K = \frac{F}{\Delta} = \frac{F}{\frac{F \times L}{A \times E}} \Rightarrow K = \frac{A \times E}{L} \dots\dots\dots (6.4)$$

Diketahui pada pipa 6 in node 160 ;

$$d_o = 168,28 \text{ mm} = 0,17 \text{ m}$$

$$d_i = 154,06 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$L = 1200 \text{ mm} = 1.20 \text{ m}$$

$$E = 200 \times 10^9 \text{ Pa}$$

Ditanyakan :  $K_T$ ...?

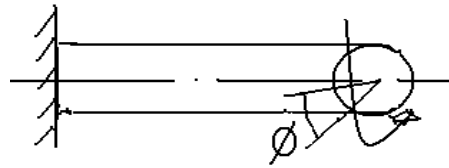
Jawaban:

$$K_T = \frac{A \times E}{L} = \frac{\pi}{4} \times \frac{(0,17^2 - 0,15^2) \times (200 \times 10^9)}{120}$$

$$K_T = 837.758.041 \text{ N/m} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}}$$

$$K_T = 8.377.580,41 \text{ N/cm}$$

- kekakuan rotasi



**Gambar 6.7.** Profil bendaterdapat Rotasi.

$$T = Kr \times \phi \dots\dots\dots(6.5)$$

$$\phi = \frac{T \times L}{I_p \times G} \dots\dots\dots(6.6)$$

$$I_p = \frac{\pi}{32} \times (d_o^4 - d_i^4) \dots\dots\dots(6.7)$$

$$Kr = \frac{T}{\phi} = \frac{T}{T \times L / I_p \times G} \Rightarrow Kr = \frac{I_p \times G}{L} \dots\dots\dots(6.8)$$

Diketahui :

$$d_o = 168,28 \text{ mm} = 0,17 \text{ m}$$

$$d_i = 154,06 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$L = 1200 \text{ mm} = 1,20 \text{ m}$$

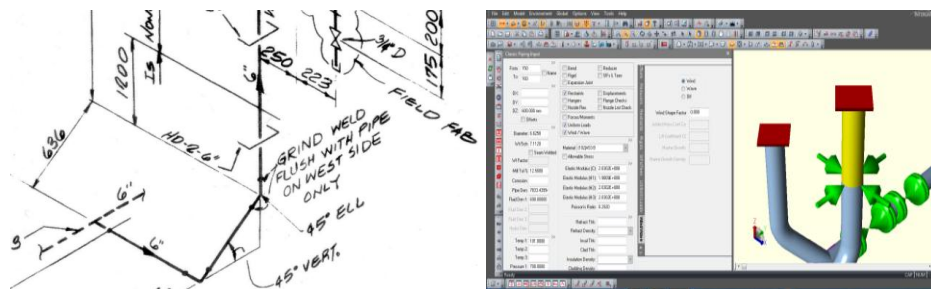
$$G = 80 \times 10^9 \text{ Pa}$$

Ditanyakan :  $K_r \dots ?$

Jawaban:

$$K_r = \frac{I_p \times G}{L} = \frac{\pi}{32} \times \frac{(0,17^4 - 0,15^4) \times (80 \times 10^9)}{1,20}$$

$$K_r = 2.153.038.165 \text{ N.m/deg}$$



**Gambar 6.6.** Penambahan Anchor Flexible dengan Pipa 6 in Pada Node 160.

- kekakuan translasi

Diketahui pada pipa 6 in node 230 ;

$$d_o = 168,28 \text{ mm} = 0,17 \text{ m}$$

$$d_i = 154,06 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$L = 930 \text{ mm} = 0,90 \text{ m}$$

$$E = 200 \times 10^9 \text{ Pa}$$

Ditanyakan :  $K_T \dots ?$

Jawaban:

$$K_T = \frac{A \times E}{L} = \frac{\pi}{4} \times \frac{(0,17^2 - 0,15^2) \times (200 \times 10^9)}{0,90}$$

$$K_T = 1.117.010.721 \text{ N/m} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}$$

$$K_T = 11.170.107,21 \text{ N/cm}$$

- kekakuan rotasi

Diketahui :

$$d_o = 168,28 \text{ mm} = 0,17 \text{ m}$$

$$d_i = 154,06 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$L = 930 \text{ mm} = 0,90 \text{ m}$$

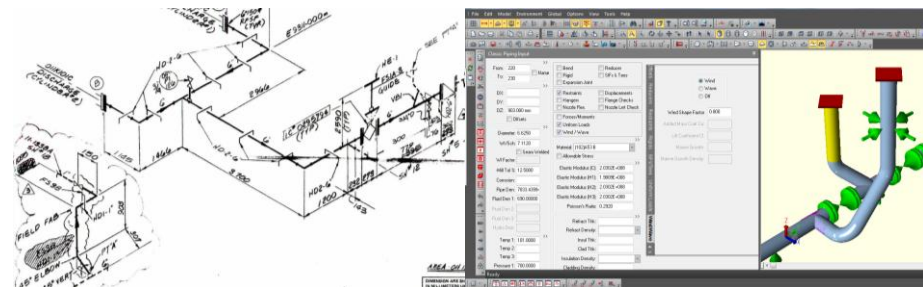
$$G = 80 \times 10^9 \text{ Pa}$$

Ditanyakan :  $K_r \dots ?$

Jawaban:

$$K_r = \frac{I_p \times G}{L} = \frac{\pi}{32} \times \frac{(0,17^4 - 0,15^4) \times (80 \times 10^9)}{0,90}$$

$$K_r = 2.870.717,554 \text{ N.m/deg}$$



**Gambar 6.7.** Penambahan Anchor Flexible dengan Pipa 6 in Pada Node 230.

## 2. Penambahan Anchor Flexible dengan Pipa 8 in Pada Nodal 520 dan 540

- kekakuan translasi

Diketahui pada pipa 8 in node 520 ;

$$d_o = 219,08 \text{ mm} = 0,22 \text{ m}$$

$$d_i = 202,72 \text{ mm} = 0,20 \text{ m}$$

$$L = 2550 \text{ mm} = 2,55 \text{ m}$$

$$E = 200 \times 10^9 \text{ Pa}$$

Ditanyakan :  $K_T \dots ?$

Jawaban:

$$K_T = \frac{A \times E}{L} = \frac{\pi}{4} \times \frac{(0,22^2 - 0,20^2) \times (200 \times 10^9)}{2,55}$$



$$K_T = 517.438.790 \text{ N/m} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}}$$

$$K_T = 5.174.387,90 \text{ N/cm}$$

- kekakuan rotasi

Diketahui :

$$d_o = 219,08 \text{ mm} = 0,22 \text{ m}$$

$$d_i = 202,72 \text{ mm} = 0,20 \text{ m}$$

$$L = 2550 \text{ mm} = 2,55 \text{ m}$$

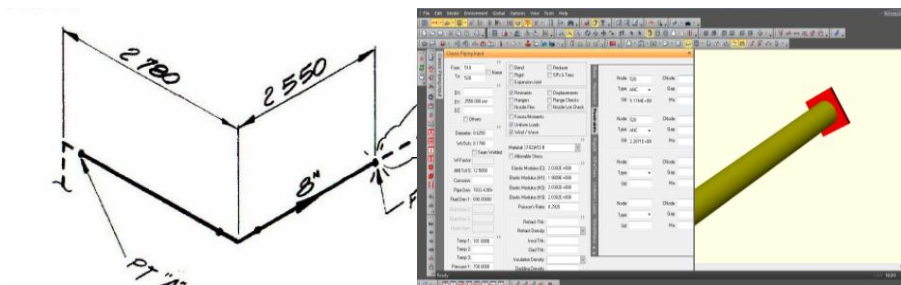
$$G = 80 \times 10^9 \text{ Pa}$$

Ditanyakan :  $K_r \dots ?$

Jawaban:

$$K_r = \frac{I_p \times G}{L} = \frac{\pi}{32} \times \frac{(0,22^4 - 0,20^4) \times (80 \times 10^9)}{2,55}$$

$$K_r = 2.287.079,452 \text{ N.m/deg}$$



**Gambar 6.8.** Penambahan Anchor Flexible dengan Pipa 8 in Pada Node 520.

- kekakuan translasi

Diketahui pada pipa 8 in node 540 ;

$$d_o = 219,08 \text{ mm} = 0,22 \text{ m}$$

$$d_i = 202,72 \text{ mm} = 0,20 \text{ m}$$

$$L = 850 \text{ mm} = 0,85 \text{ m}$$

$$E = 200 \times 10^9 \text{ Pa}$$

Ditanyakan :  $K_T \dots ?$

Jawaban:

$$K_T = \frac{A \times E}{L} = \frac{\pi}{4} \times \frac{(0,22^2 - 0,20^2) \times (200 \times 10^9)}{0,85}$$

$$K_T = 1.552.316.370 \text{ N/m} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}}$$

$$K_T = 15.523.163,70 \text{ N/cm}$$

- kekakuan rotasi

Diketahui :

$$d_o = 219,08 \text{ mm} = 0,22 \text{ m}$$

$$d_i = 202,72 \text{ mm} = 0,20 \text{ m}$$

$$L = 850 \text{ mm} = 0,85 \text{ m}$$

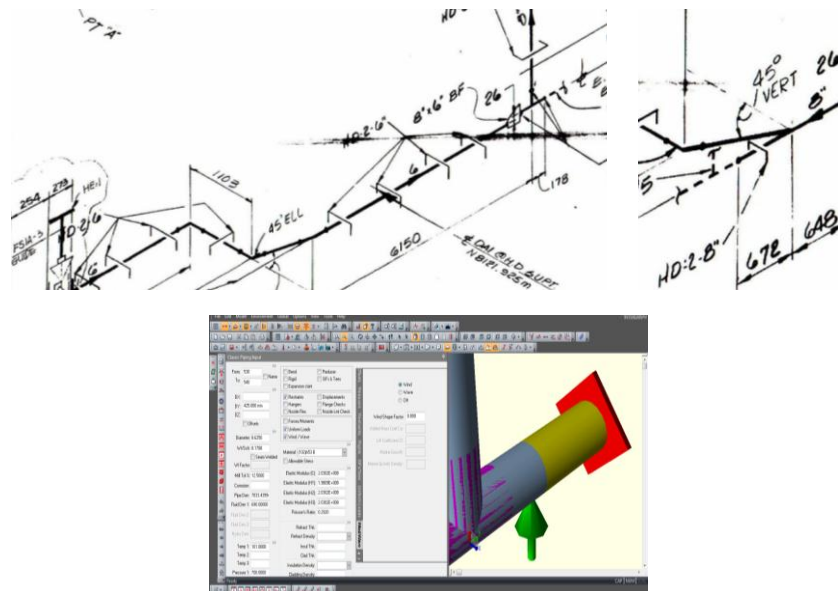
$$G = 80 \times 10^9 \text{ Pa}$$

Ditanyakan :  $K_r \dots ?$

Jawaban:

$$K_r = \frac{I_p \times G}{L} = \frac{\pi}{32} \times \frac{(0,22^4 - 0,20^4) \times (80 \times 10^9)}{0,85}$$

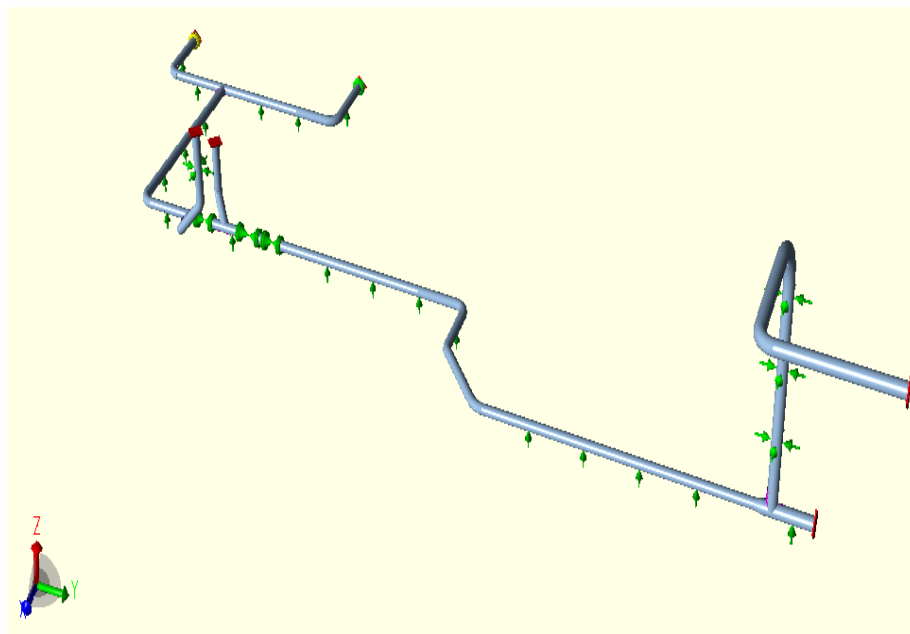
$$K_r = 6.861.238,355 \text{ N.m/deg}$$



**Gambar 6.9.**Penambahan Anchor Flexible denganPipa 8 in Pada Node 540.

### 6.3. Visualisasi Pemodelan Desain

Visualisasi ini menunjukkan hasil dari pengolahan dan pendesainan data-data keseluruhan yang telah dikumpulkan sebelumnya pada jalur 11-1339Adi *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap seperti telah diterangkan diatas dan belum dilakukan modifikasi apapun, dengan menggunakan software *Caesar II version 7.00*. Visualisasi tersebut dapat dilihat pada gambar 6.10.



**Gambar 6.10.** Visualisasi pemodelan desain jalur 11-1339Adi *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap.

#### 6.3.1. Analisis Tegangan Pipa

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui besaran ratio tegangan yang terjadi pada jalur 11-1339Adi *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap, dengan membandingkan antara *code stress ratio* yang dipengaruhi besaran gaya dan momen X, Y, Z terhadap *high stress allowable*. Dengan analisis ini kelak akan kita ketahui apakah jalur tersebut membutuhkan modifikasi atau tidak.

Analisis ini dilakukan berdasarkan 14 loadcase yang telah ditentukan sebelumnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 6.4.

**Tabel 6.4.** High Stress Summary.

No	Load Case	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Nodal
1	L1=WW+HP (HYD)	15707,14	241311,00	6,50	520
2	L2=W+T1+P1 (OPE)	87732,16	0	0	120
3	L3=W+P1 (SUS)	13657,36	137892,00	9,90	520
4	L4=U1 (OCC)	22965,51	183396,40	12,52	210
5	L5=U2 (OCC)	6360,35	183396,40	3,46	230
6	L6=U3 (OCC)	22396,77	183396,40	12,21	210
7	L7=WIN1 (OCC)	9277,00	183396,40	5,05	210
8	L8=WIN2 (OCC)	1287,60	183396,40	0,70	378
9	L9=L2-L3 (EXP)	83141,96	340560,40	24,41	120
10	L10=L4+L5+L6(OCC)	30494,10	183396,40	16,62	210
11	L11=L9+L10 (EXP)	104577,30	340560,40	30,70	120
12	L12=L3+L10 (OCC)	33766,94	183396,40	18,41	210
13	L13=L3+L7 (OCC)	13856,15	183396,40	7,55	520
14	L14=L3+L8 (OCC)	13546,82	183396,40	7,38	520

Dapat kita lihat pada tabel diatas bahwa terjadi prosentase ratio >100%. Hal ini menunjukkan bahwa jalur pipa pada 11-1339Adi *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA *Refinery* Unit IV Cilacap tidak mengalami *overstress*. Berdasarkan tabel diatas prosentase terbesar terjadi pada *loadcase11* yang merupakan ekspansi pada kondisi operasi dan seismik.

### 6.3.2. Analisis Defleksi

Analisis ini di tunjukkan untuk mengetahui besar dan arah defleksi pada pipa sebagaimana ditunjukkan pada tabel 6.5.

Tabel 6.5. Nilai Defleksi.

No	Load Case	DX		DY		DZ		Maksimal Defleksi (mm)	
		Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	6''	8''
1	L1=WW+HP (HYD)	0,008	500	-0,002	500	-0,03	509	5,1	4,9
2	L2=W+T1+P1 (OPE)	0,22	400	-0,22	389	0,13	499	5,1	4,9
3	L3=W+P1 (SUS)	0,008	500	-0,002	500	-0,03	509	5,1	4,9
4	L4=U1 (OCC)	0,39	379	-0,02	379	0,01	389	5,1	4,9
5	L5=U2 (OCC)	-0,01	359	0,008	90	0,009	358	5,1	4,9
6	L6=U3 (OCC)	0,01	389	0,005	358	0,33	380	5,1	4,9
7	L7=WIN1 (OCC)	0,15	379	-0,009	379	0,006	389	5,1	4,9
8	L8=WIN2 (OCC)	0,15	379	-0,009	379	0,006	389	5,1	4,9
9	L9=L2-L3 (EXP)	0,22	400	-0,22	389	0,13	499	5,1	4,9
10	L10=L4+L5+L6(OCC)	0,40	379	-0,01	379	0,34	380	5,1	4,9
11	L11=L9+L10 (EXP)	0,56	390	-0,22	389	0,35	380	5,1	4,9
12	L12=L3+L10 (OCC)	0,40	380	-0,01	380	0,34	380	5,1	4,9
13	L13=L3+L7 (OCC)	0,15	379	-0,009	379	-0,03	509	5,1	4,9
14	L14=L3+L8 (OCC)	0,15	379	-0,009	379	-0,03	509	5,1	4,9

Dapat kita lihat pada tabel diatas besaran defleksi maksimum pada sumbu X (DX) terjadi pada *loadcase* 11, pada sumbu Y (DY) terjadi pada *loadcase* 2,9,11, dan pada sumbu Z (DZ) terjadi pada *loadcase*11. Maka melihat besarnya defleksi yang terjadi dapat dipastikan jalur pada pipa tidak dibutuhkan modifikasi, Karenatidakadaterjadinya *overstress*.